

· 港航工程 ·



山区河流非溢洪船闸上闸门顶高程确定

郝 岭

(四川省交通勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610017)

摘要: 对于山区河流上的中低水头渠化枢纽, 采用枢纽上游校核高水位加超高确定的非溢洪船闸的上闸门顶高程明显偏高。对中低水头渠化枢纽的特点、开发任务、水库运行方式和枢纽的挡水时段进行分析, 通过对不同因素下确定的高程对船闸使用及建设标准的影响分析, 提出在确定山区河流中低水头渠化枢纽中非溢洪船闸上闸门顶高程时, 宜合理降低基础水位; 结合工程实例分析, 采取工程附近城市的防洪标准中相应的水位是较为适宜的。

关键词: 山区河流; 非溢洪船闸; 上闸门顶高程

中图分类号: U 641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)S1-0026-04

Determination of top elevation of upper gate on non-overflow ship lock in mountain river

HAO Ling

(Sichuan Communication Surveying & Design Institute Co., Ltd., Chengdu 610017, China)

Abstract: For the middle and low head channelization hub on mountain rivers, the check high water level plus super-elevation at the upstream of the hub determines the top elevation of the upper gate on a non-overflow ship lock, which is higher than the true value. This paper analyzes the characteristics, development tasks, reservoir operation mode, and water retaining period of the middle and low head channelization hub. Through the analysis of the influence of the elevation determined under different factors on the use and construction standard of a ship lock, this paper puts forward the suitability of the reduction of the basic water level when determining the top elevation of the upper gate on the non-overflow ship lock of the middle and low head channelization hub in mountain rivers. The analysis of a project example shows that it is appropriate to adopt the corresponding water level in the flood control standard of the city near the project.

Keywords: mountain river; non-overflow ship lock; top elevation of upper gate

近年来, 随着《交通强国建设纲要》《国家综合立体交通网规划纲要》等战略的发布实施, 为充分发挥水运优势, 衔接运输结构调整, 实现“双碳”目标, 内河航运迎来了重大发展机遇。特别是《成渝地区双城经济圈建设规划纲要》和《成渝地区双城经济圈综合交通运输发展规划》印发实施后, 为加快推进长江上游航运中心建设, 川渝境内的渠江、嘉陵江、乌江、沱江和岷江等河流采取新建、改扩建等方式, 积极推进航道的贯通升级等工作。这些枢纽均为中低水头渠化枢纽, 通航建筑物采

用非溢洪船闸形式, 其上闸门顶高程依据《渠化工程枢纽总体设计规范》《船闸总体设计规范》的规定, 通常采用上游校核洪水位加超高进行确定^[1-2]。此高程确定方法虽符合规范规定, 但标准偏高, 且与工程实际运行的契合度不够。本文对中低水头渠化枢纽的水库特点、开发任务、水库运行方式和枢纽挡水时段进行分析, 通过不同因素下确定的闸门顶高程对船闸使用及建设标准的影响分析, 提出上闸门顶高程确定时水位降低的适宜性和建议标准。

收稿日期: 2022-06-13

作者简介: 郝岭(1972—), 男, 教授级高工, 从事港口与航道工程设计研究工作。

1 中低水头渠化枢纽的水库特征及开发任务

1.1 水库特征及运行分析

经统计，近年来在四川、重庆境内的嘉陵江、岷江、乌江、沱江和渠江等河流上的已建和在建的枢纽达 50 余座，这些枢纽的共同点是水级较低、无调蓄和防洪功能，属典型的中低水头枢纽。

1) 水库特征。均为河道型水库，其蓄水范围局限于原有河道范围内，具备人工水库和天然河道两种特性。枯期水库特征明显，汛期天然河道特征突出，即枯期以水库的形态运行，汛期水库大排大泄，河道恢复天然状态。

2) 水库运行方式。为降低因水位抬高造成库区淹没加大，并满足水库本身的排沙及泄洪要求，中低水头渠化枢纽的典型运行方式为：在平枯水期，水库在正常蓄水位和死水位之间运行；在丰水期，随着来流量的增加，泄洪闸门则逐步开启

泄流，直至全部打开，大排大泄，工程河段恢复成天然河道状态^[3]。

1.2 开发任务

渠化枢纽是由挡水、泄水、通航、电站厂房等建筑物有机组合的一个综合体。枢纽的开发任务必须遵循实现水资源综合利用的基本原则，并综合分析各种因素后确定，如灌溉、通航、发电、城市用水、防洪等等。对于中低水头渠化枢纽而言，受水库自身特点的制约，其开发任务多以航运为主，并结合周边城镇的规划发展和上下游梯级的开发等因素，将发电、城市发展、城市用水、完善区域交通等功能纳入其中，但均无防洪功能。部分中低水头渠化枢纽的开发任务见表 1。结合水库的运行，其各项开发任务是在枢纽的成库期内，在各建筑物共同发挥作用下实现的。

表 1 部分中低水头渠化枢纽开发任务

枢纽名称	开发任务	备注
风洞子	以航为主,兼顾发电、改善城市水环境,完善综合交通运输体系	四川渠江
犍为	以航运为主、航电结合,兼顾供水、灌溉等	四川岷江
长沙	以适应湘江水运大通道建设、提高城乡供水保障水平和长沙、湘潭两市城市发展需要为主,兼顾发电、交通等	湖南湘江
白马	以航运为主,兼顾发电,并对银盘水电站运行进行反调节	重庆乌江
利泽	以航运为主、航电结合、以电促航	重庆嘉陵江
贵港	以通航为主,兼顾发电	广西郁江
红岩子	以航为主、航电结合,兼顾灌溉、旅游	四川嘉陵江

2 中低水头枢纽的挡水时段

图 1 为嘉陵江某航电枢纽一个典型水文年的坝前水位过程线。该枢纽的上游校核洪水位 371.30 m，上游设计洪水位 368.30 m，正常蓄水位 364.00 m，死水位 363.60 m，敞泄拉沙水位 358.50 m，敞泄拉沙流量 3 500 m³/s。

从图 1 可看出，当入库流量小于 3 500 m³/s 时，水库最高挡水位基本维持在正常蓄水位附近，进入汛期后，随着入库流量的逐渐增大，枢纽开始泄流直至大排大泄，洪峰过后开始下闸蓄水，恢复在正常蓄水位附近运行，即在敞泄前后为水库状态运行，敞泄时为天然河道状态。枢纽在敞泄后直至洪峰结束再次下闸蓄水前，不再承担挡水功能，枢纽的挡水时段主要在平、枯水期，即入库流量小于枢纽敞泄拉沙流量的时段。部分中低水头渠化枢纽敞泄拉沙流量^[4-6]的多年平均出现天数统计结果见表 2。可以看出，中低水头渠化枢纽的多年平均成库期时间占全年的时间均超过 99%，多年平均敞泄天数一般在 2~3 d，对枢纽开发任务的实现不会产生实质性的影响。

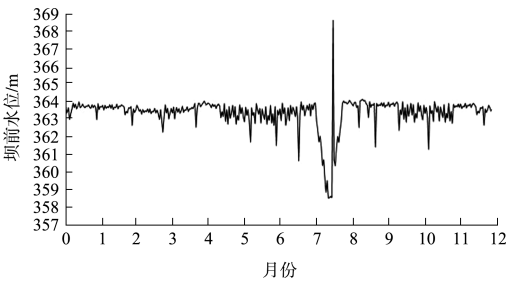


图 1 嘉陵江某枢纽典型水文年坝前水位过程线

表 2 部分中低水头渠化枢纽敞泄拉沙流量多年平均出现天数

枢纽名称	敞泄拉沙流量/($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)	多年平均出现天数/d	成库期天数/d	成库期全年占比/%
风洞子	8 000	3. 14	361. 86	99. 14
犍为	11 000	1. 58	363. 42	99. 57
苍溪	4 500	2. 76	362. 24	99. 24
富流滩	8 500	2. 64	362. 36	99. 28

3 上闸门顶高程确定

河流渠化是通过修建一系列的闸坝，抬高坝上水位、淹没滩险、增加航道水深，从而改善河流的通航条件。闸坝的修建把河流分截为若干河段，使天然河流各河段的比降分别集中在各梯级处，形成闸坝上下游的落差，而船闸的修建则可克服落差，使分截的河段成为全线贯通的航道。

3.1 因素分析

对于船闸各部位高程的确定，因各部分的位置和作用不同，其依据也有所不同。对于处于挡水线的非溢洪船闸闸门顶高程，在进行确定时，主要考虑的因素可分为功能性因素和协调性因素。

3.1.1 功能性因素

1)通航。航运是一条线，只有任何河段都达到航道尺度的要求，才可保证其通畅，若一点或几点不通，则一条线势必断航，其他具备通航条件的河段和设施也不能很好地发挥作用，航运的效益难以发挥。因此，船闸是保证航道连续性的基础，在确定高程的时候须满足相应通航标准的要求。

2)挡水。船闸是渠化枢纽的重要组成部分，在满足通航功能的同时，还与其他建筑物共同发

挥着挡水功能，即拦截江河，抬高上游水位，从而满足发电等用水需求。因此，在确定高程时须满足枢纽在成库期内的挡水要求。

3)防洪。船闸各建筑物、设施设备自身需考虑淹没损失的影响，还需考虑满足一定频率洪水的要求。因此，闸门顶高程的确定应满足船闸自身的防洪要求。

3.1.2 协调性因素

协调性因素指闸门与闸首边墙、周边设施和环境等的衔接及协调性。在常规的船闸布置方案中，船闸的控制中枢均布置在上闸首的机房内，包括船闸的启闭控制系统、供电系统、监控系统等。规范规定闸首墙顶部高程应根据闸门顶高程和结构布置等要求确定，因此，闸门顶高程确定的合理与否关系到上闸首边墙顶高程的确定以及机房及相关设施设备的布置。同时，闸首高程及布置还涉及到与枢纽其它建筑物、场外交通、堤防等的衔接。

3.2 不同因素对船闸使用功能及建设标准的影响分析

从前述分析来看，为满足枢纽整体功能发挥和船闸工程自身需求，非溢洪船闸的上闸门顶高程确定所依据的基础水位可从枢纽正常蓄水位到上游校核洪水位之间选取，变化幅度较大。部分中低水头枢纽的特征水位见表 3^[7]，正常蓄水位与上游校核洪水位间的差值较大，变化幅度在 15. 59~17. 40 m，基础水位的选择对船闸工程的造价、后期运行管理均会造成较大的影响。

表 3 部分中低水头枢纽的特征水位

枢纽名称	正常蓄水位/m	不同洪水频率相应上游水位/m				变化幅度/m
		$P=10\%$	$P=5\%$	$P=2\%$	$P=0. 2\%$	
风洞子	243. 00	250. 79	252. 34	255. 84	258. 59	15. 59
苍溪	373. 00	378. 20	380. 20	383. 89	389. 10	16. 10
富流滩	213. 80	223. 80	225. 70	228. 20	231. 20	17. 40

1)挡水因素。满足枢纽的挡水要求是保障枢纽开发任务实现的前提。从前述可知，只要上闸门顶高程高于枢纽的正常蓄水位，则可满足挡水要求，但该水位对应的洪水频率较低，以嘉陵江为例，该水位均低于 3a 一遇时的水位。若采用该水位，则船闸会在超过该频率洪水位时溢洪，与

规范中对溢洪船闸的采用方面存在矛盾，也就是说上闸门顶高程的基础水位须高于枢纽的正常蓄水位。

2)通航因素。对于船闸上游最高通航水位，规范规定根据不同的船闸级别取相应洪水频率下对应的上游水位，对于水利水电枢纽不得低于正

常蓄水位，对于航运枢纽不得低于正常挡水位和设计挡水位。虽然对山区河流上的船闸要求有所降低，但最终取值为相应洪水频率时的水位或枢纽正常蓄水位的高值，若按上游设计最高通航水位作为闸门顶高程的基础水位时，则不会低于挡水因素所需水位，可满足挡水和通航的要求。

3) 防洪因素。根据船闸各部位顶高程的确定原则，上闸首边墙是整个船闸中标准最高的部位，也是船闸本身淹没防洪标准的重要衡量因素。但针对船闸本身的防洪标准，目前多以枢纽的防洪标准进行取值，其洪水位标准大都在 200 a 一遇与 1 000 a 一遇洪水之间，该标准远远高于《河港总体设计规范》中通过受淹损失分类确定的设计高水位取值标准^[8]（其中一类码头洪水重现期为 50 a 一遇）以及《水利水电工程建设征地移民安置规划设计规范》中不同淹没对象的设计洪水标准^[9]（其中重要城市、重要工矿区的最高洪水重现期为 100 a 一遇）。从船闸结构、设施设备等受淹对象的损失影响程度分析，适当降低防洪标准是较为适宜的。

4) 协调性因素。协调性因素侧重整体美观的

协调性，运行管理的便捷性，但并无统一的标准和要求。

综上所述，对于山区河流中低水头渠化枢纽中的非溢洪船闸上闸门顶高程，按上游校核高水位加超高确定明显偏高，但取枢纽的正常蓄水位或上游设计最高通航水位又偏低。因此，从满足船闸的使用及枢纽功能的发挥角度，适当降低洪水标准，在考虑挡水、通航、自身防洪标准以及与周边设施、环境的协调等方面因素的同时，参考港口码头、库区淹没洪水标准和工程附近城市的防洪标准进行综合论证后取值是较为适宜的。

4 工程实例

渠江风洞子航运枢纽工程位于四川省达州市渠县境内，是渠江干流达州—重庆段梯级规划的第 3 级，枢纽正常蓄水位 243.00 m，相应库容 1.79 亿 m³，电站装机容量 75 MW，通航建筑物为Ⅲ级船闸，有效尺度 200 m×23 m×4.2 m（长×宽×门槛水深），通行 1 000 吨级船舶。采用不同基础水位确定的上闸门顶高程与相关因素的影响程度分析见表 4。

表 4 不同基础水位确定的上闸门顶高程影响分析							
	基础水位/m	上闸门顶高程/m	挡水	通航保证率/%	防洪标准	协调性	节约工程量
正常蓄水位	243.00	245.60	满足	99.14	常年洪水	差	混凝土 1.7 万 m ³ 钢材 330 t
10 a 一遇	250.79	251.29	满足	99.86	$P=10\%$ 与县城近期规划一致	稍差	混凝土 9 800 m ³ 钢材 195 t
20 a 一遇	252.34	252.84	满足	船闸停航	$P=5\%$ 与县城远期规划一致	略好	混凝土 7 900 m ³ 钢材 156 t
设计洪水位	255.84	256.34	满足	船闸停航	$P=2\%$	较好	混凝土 3 500 m ³ 钢材 65 t
校核洪水位	258.59	259.09	满足	船闸停航	$P=0.2\%$	好	—

注：1. 正常蓄水位时超高值取设计船舶空载干舷高 2.6m，其余超高值取 0.5m；2. 节约工程量为以校核洪水位时的工程量为基数时的上闸首及闸门的工程量变化。

综合风洞子船闸的规模等级、枢纽的开发任务、工程本身的使用、防洪以及工程投资等因素，该船闸应采用非溢洪船闸，其上闸门顶高程确定的基础水位采用 $P=5\%$ 时的水位是较为适宜的。

5 结语

1) 对于山区河流中低水头渠化枢纽而言，其

本身无防洪功能，相应结构物顶高程的确定并非要满足枢纽挡洪水的要求，而是考虑其自身淹没损失的防洪标准。从满足枢纽的开发任务、船闸在枢纽中功能的发挥等方面分析，非溢洪船闸的上闸门顶高程按上游校核洪水位加超高确定明显偏高。